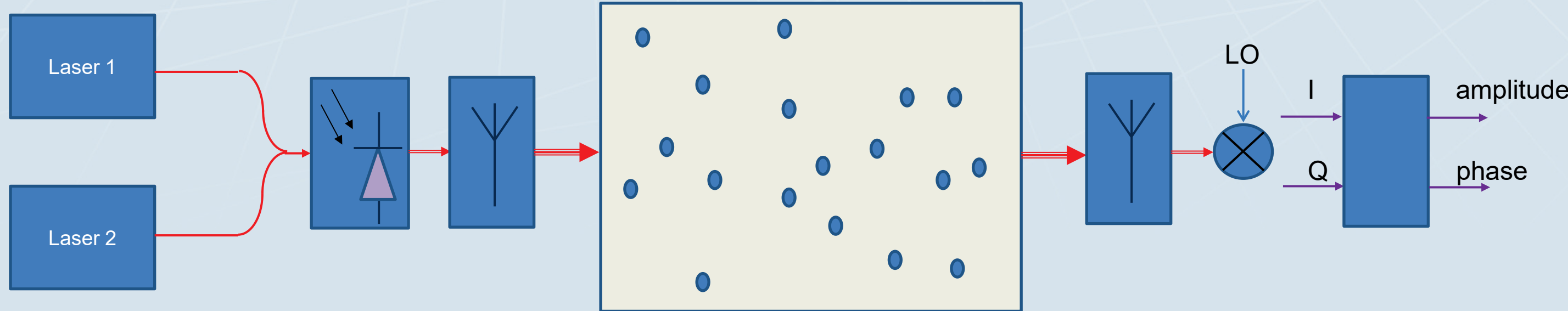


Principe de mesure en spectroscopie moléculaire

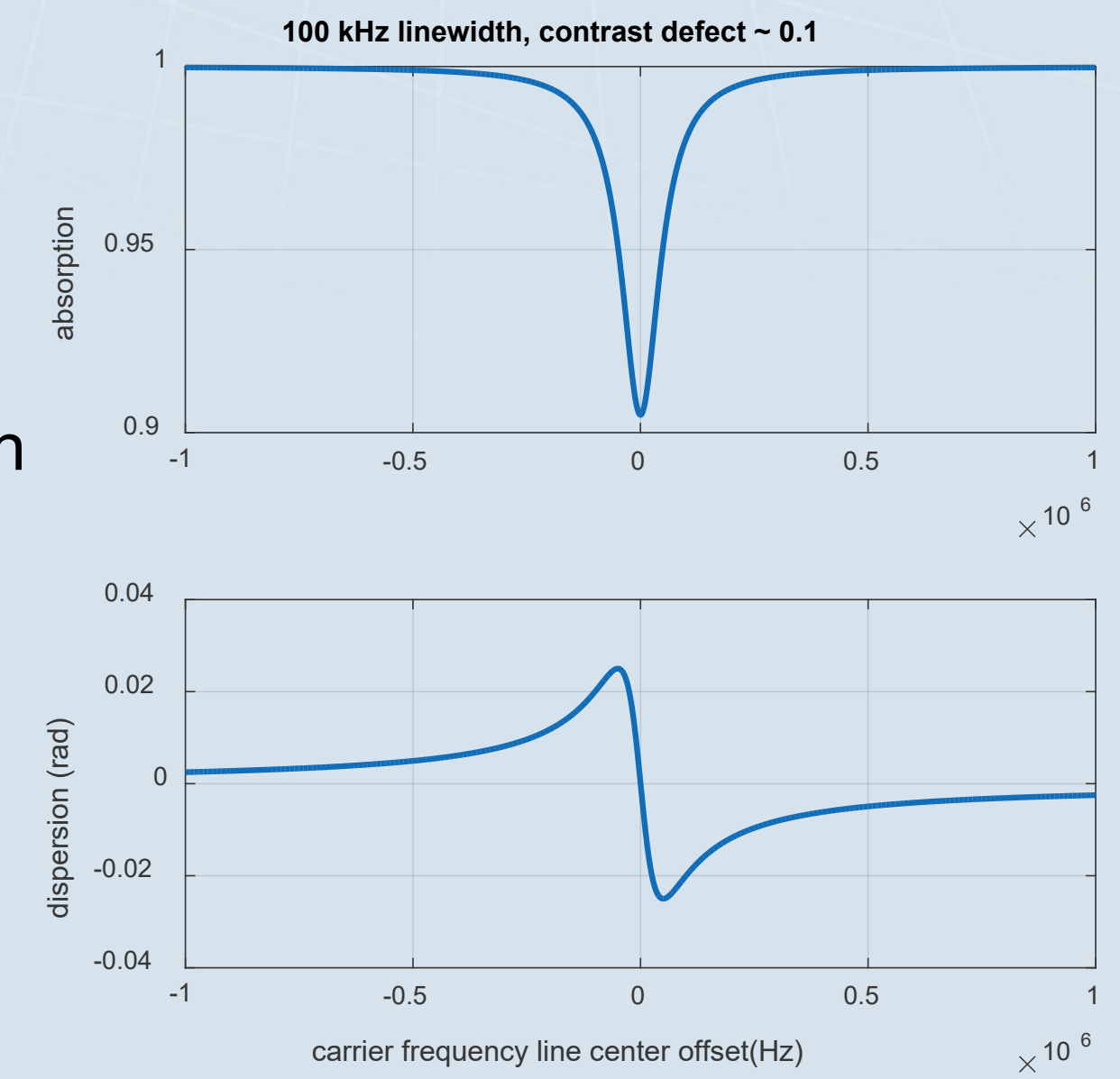


Hypothèses : bruit d'amplitude et de phase de l'onde submillimétrique dominés par les bruits d'amplitude et de phase des lasers

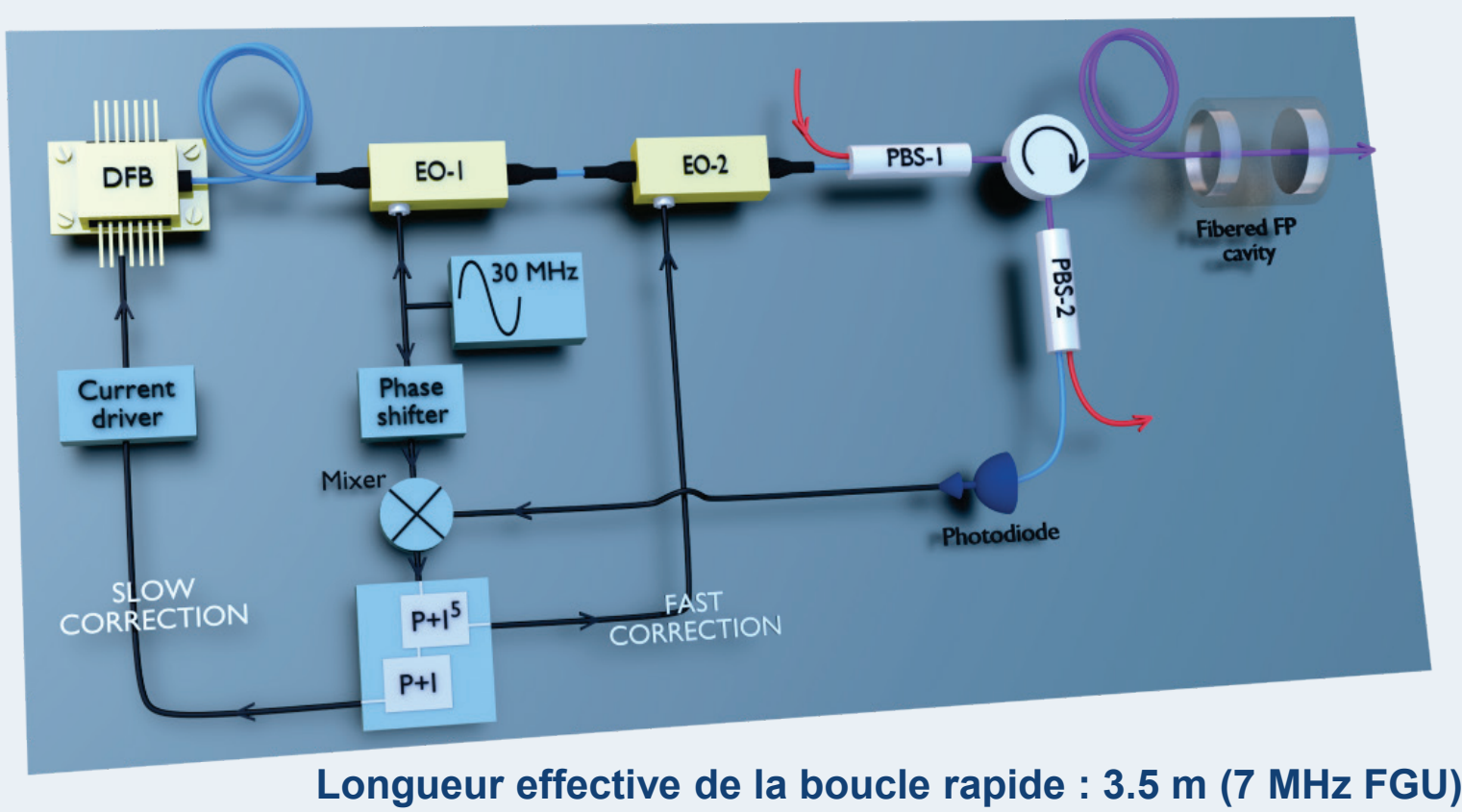
Meilleur rapport S/N de détection de la raie sur la quadrature la moins bruyante (en dBc/Hz) en général la quadrature d'amplitude

$$\text{Largeur Doppler} = 202 \text{ kHz} \left(\frac{f_{\text{porteuse}}}{300 \text{ GHz}} \right) \sqrt{\left(\frac{T}{290 \text{ K}} \right) \left(\frac{89}{M_{\text{g/mol}}} \right)}$$

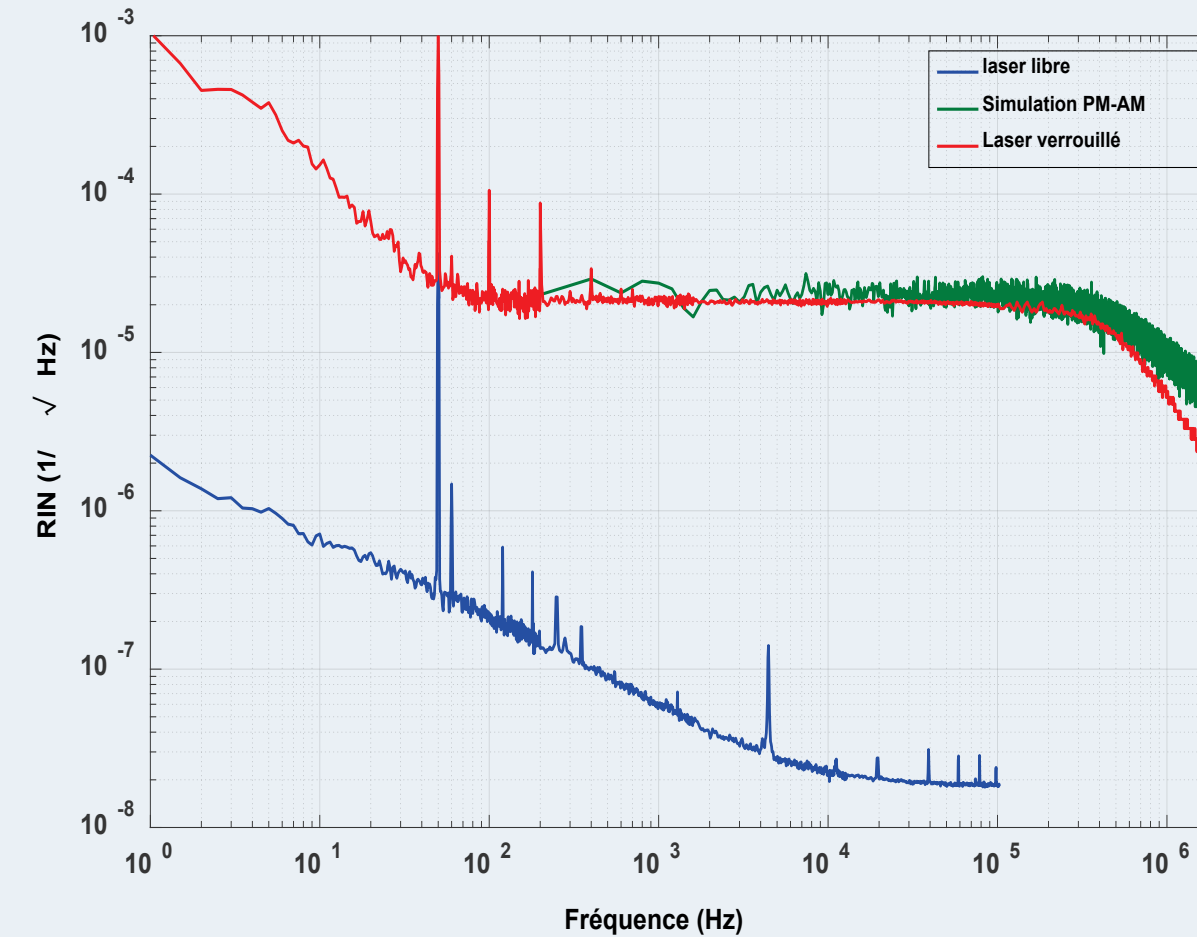
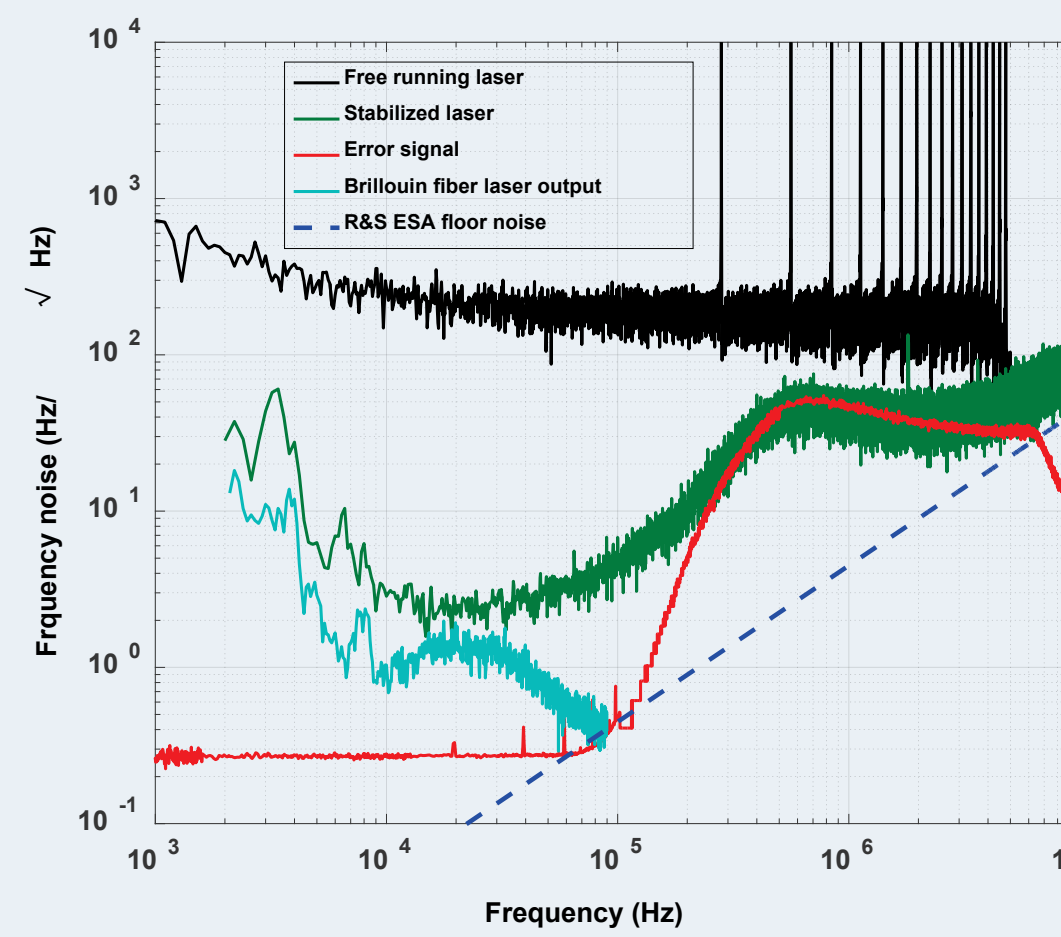
exemple de raie avec profil Lorentzien de largeur 100 KHz



Source fibrée à deux diodes

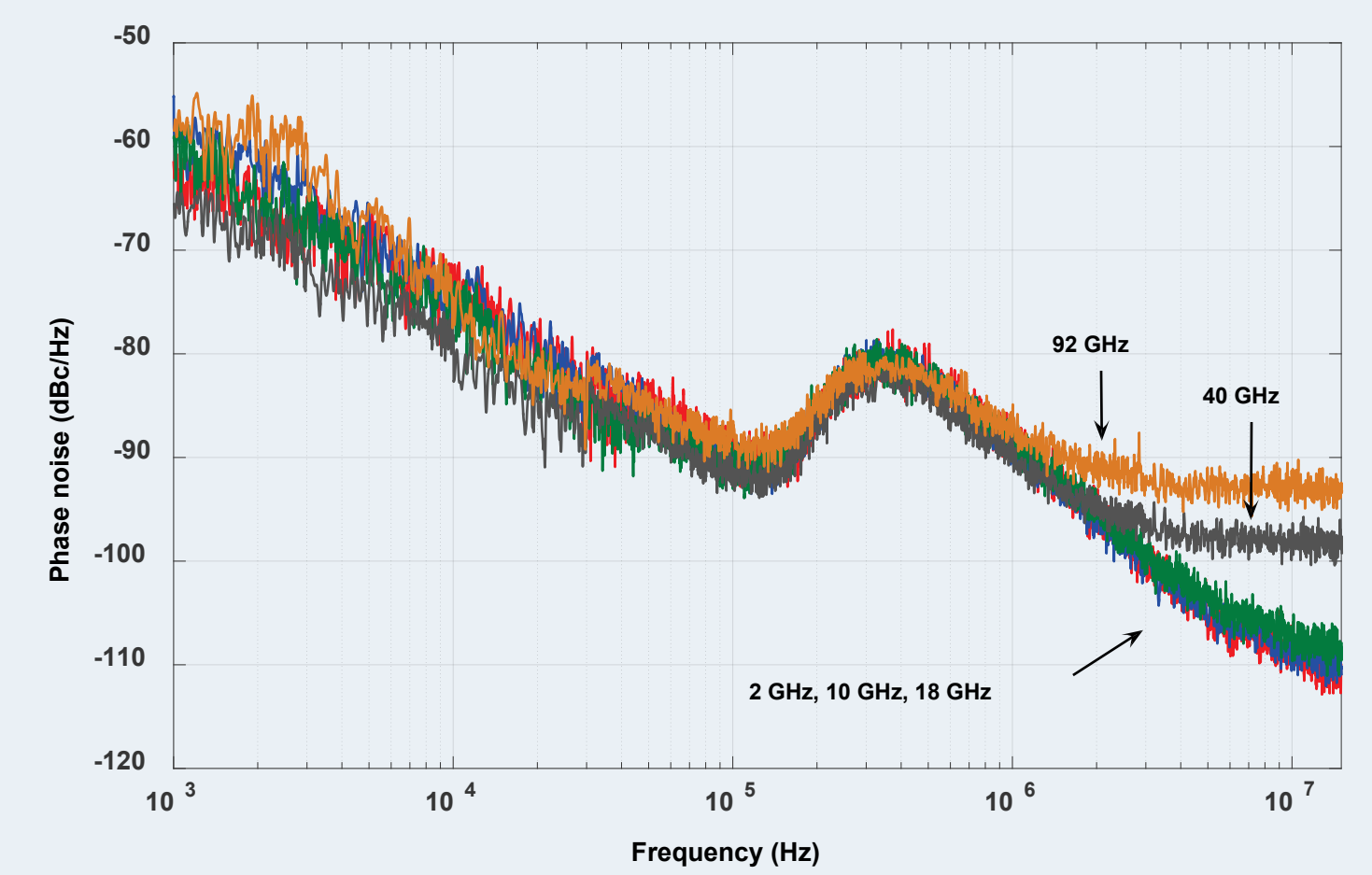


Performances pour la porteuse optique



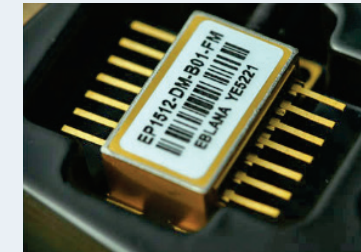
Couplage phase-amplitude : voir modélisation d'enveloppe

Performances pour le battement



Composants « télécom » fibrés, combinaison et stabilisation à polarisations orthogonales

Diodes DFB EBLANA,
~ 150 Hz/√Hz de bruit blanc de fréquence
accordables sur 4 nm, chevauchement en longueur d'onde~90%



Cavité fibrée Micron Optics,
largeur de raie = 1 MHz, ISL 1 GHz
stabilisation plus facile sur cavité fine ! → meilleur filtrage



Électronique de stabilisation « maison », bas bruit, FGU = 40 MHz
conception avec LTspice

Stabilisation robuste, sans saturations des signaux d'erreur et de correction

Bruit de fréquence du battement : écart quadratique moyen 100 kHz, largeur de raie 30 Hz

Couplage phase-amplitude : voir modélisation d'enveloppe

Dérive 6 Hz/s (mesure sur 7 heures)

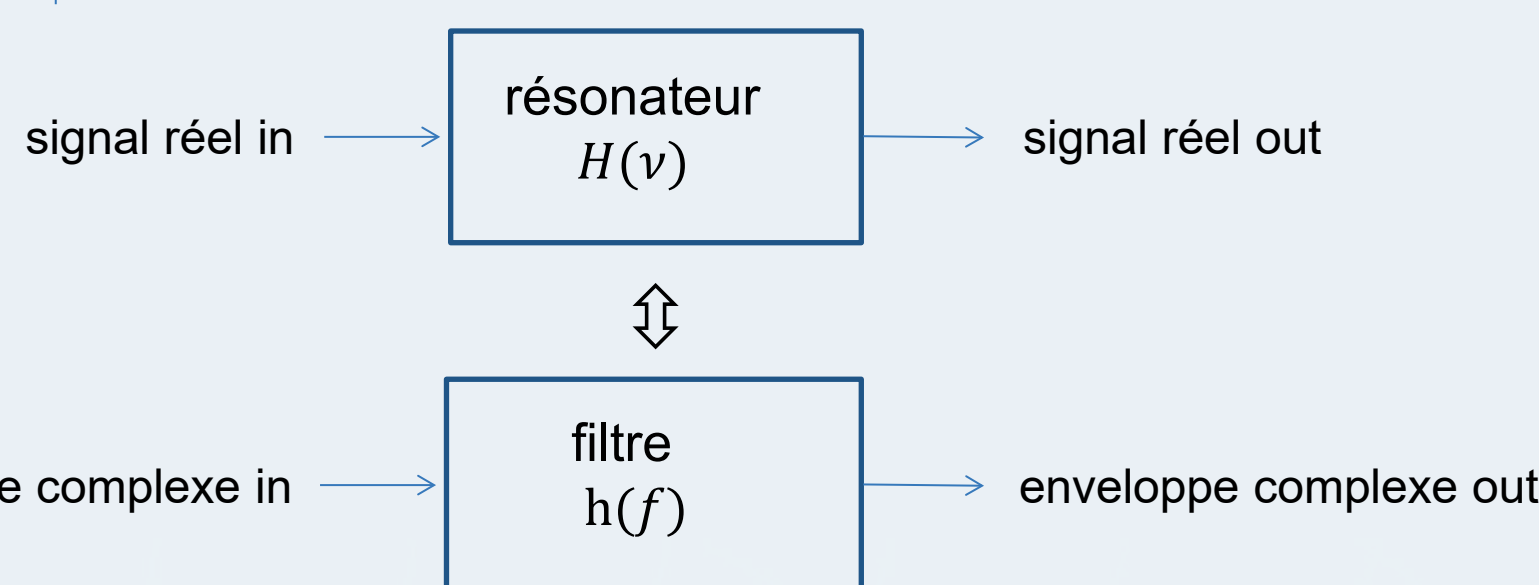
Source accordable continuum : ajouter une 3^e DFB avec PLL 5-10 GHz

Améliorations des performances :

- Source plus compacte (L=30 cm), 22 MHz de FGU :
 - 18 dB bruit de phase, -34 dB bruit d'amplitude
- Exactitude à 100 kHz près : thermalisation de la cavité à 0.1 °C
- Laser fibré Brillouin accordable ?

Modélisation d'enveloppe complexe

	signal réel	enveloppe
entrée	$s(t) = s_0 (1 + m(t)) \sin(2\pi\nu_0 t + i\varphi(t))$ $m(t)$ bruit et signal de modulation d'amplitude ν_0 fréquence de la porteuse $\varphi(t)$ bruit et signal de modulation de phase	$e(t) = e_0 (1 + m(t)) \exp(i\varphi(t))$
résonance	$H(\nu) = \frac{\nu_r^2/Q}{\nu_r^2 - \nu^2 + i\nu\nu_r/Q}$ ν_r fréquence de résonance Q facteur de qualité	$h(f = \nu - \nu_0) \cong \frac{1}{1 + if/f_c}$ si $\nu_r = \nu_0$ $f_c = \nu_r/(2Q)$ fréquence de coupure = demi-largeur à mi-hauteur du résonateur



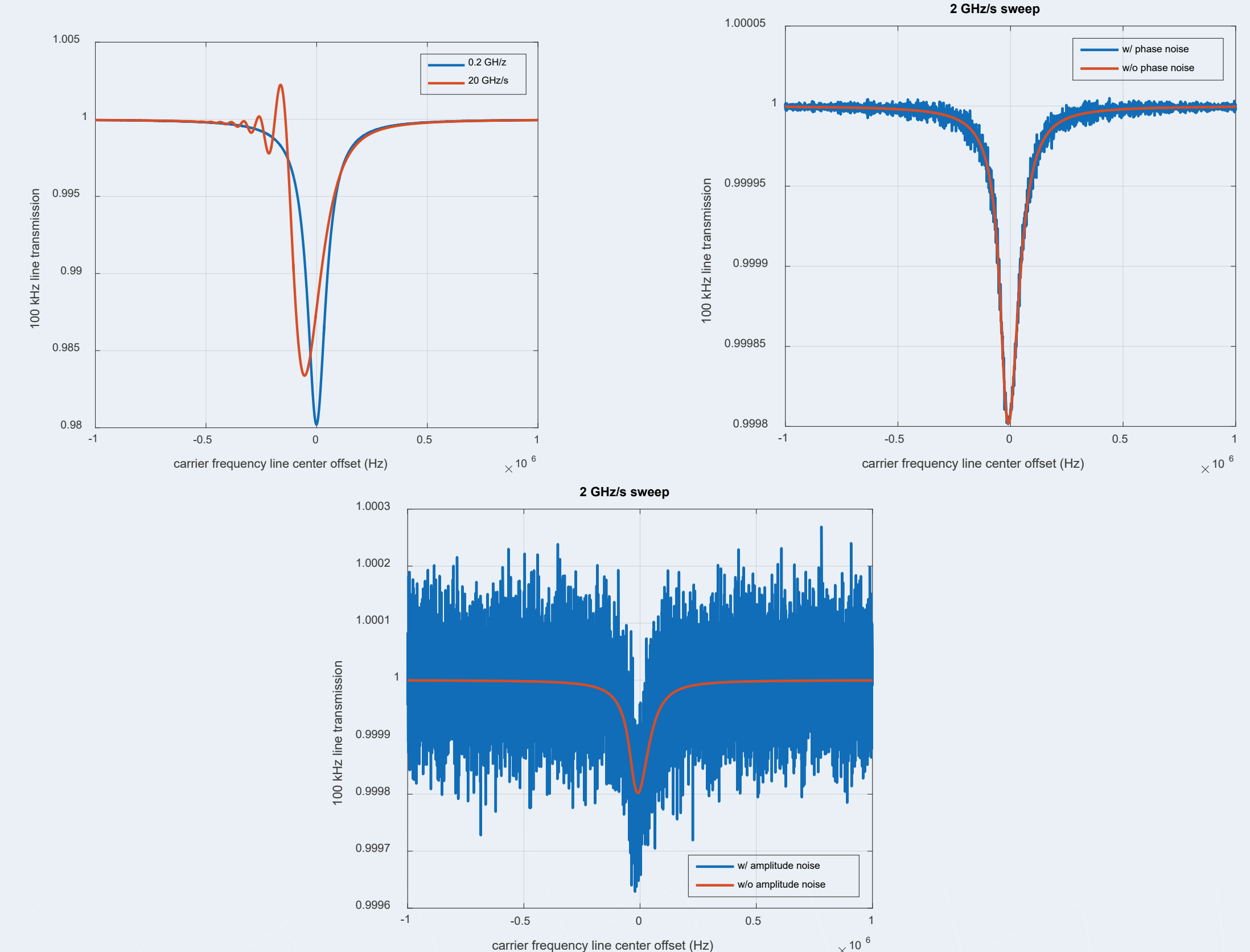
Modélisation de l'enveloppe en quadratures P(t) et Q(t)

$$e(t) = e_0 (1 + P(t) + iQ(t))$$

Entrées de la simulation :

bruit de phase de la source fibrée de la source à deux diodes
bruit de puissance -150 dBc/Hz
avec séries temporelles générées à partir des DSP

résonance Lorentzienne de largeur 100 kHz (FWHM)



Conclusions

Spectroscopie moléculaire rotationnelle-vibrationnelle
gamme visée 100 GHz – 1 THz

Source à deux diodes

bruit de phase suffisant pour les molécules sur catalogue à T° ambiante (CDMS, Hitran, JPL)
réduction pour les molécules avec M >> 100 g/mol
en cours de soumission IEEE TMTT

Modélisation d'enveloppe

couplage naturel phase avec amplitude et aspects dynamiques

Bruit d'amplitude : crucial pour le seuil de détection abondance . S_{raie}
stabilisation électronique / SOA / ...

Exactitude

calibration sur des raies connues (eau)
stabilisation de l'ISL de la cavité sur référence hyperfréquence calibrée